

Культура физическая и здоровье. 2023. № 4 (88). С. 259-264.
Physical Culture and Health. 2023, 4 (88), 259-264.

Научная статья
УДК 796.912
DOI: 10.47438/1999-3455_2023_4_259

ТЕХНОЛОГИИ ОТСЛЕЖИВАНИЯ И АНАЛИЗА ДВИЖЕНИЙ В ТАНЦАХ НА ЛЬДУ: ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ



Пётр Михайлович Палеев ¹, Эльвира Ивановна Михайлова ²

*Московский городской педагогический университет ¹
Москва, Россия*

*Московский городской педагогический университет ²
Москва, Россия*

¹ Аспирант
тел.: +7(915)332-32-17, e-mail: peter.paleev@gmail.com
ORCID 0009-0004-5462-2670

² Кандидат педагогических наук, профессор, профессор кафедры адаптологии и спортивной подготовки
тел.: +7(916)560-42-99, e-mail: mihailovaei@mgpu.ru
ORCID 0000-0003-4052-3810

Аннотация. Исследование посвящено анализу современных технологий отслеживания и анализа движений, которые могут быть применены в дисциплине «Танцы на льду», где точность выполнения движений и художественное мастерство имеют первостепенное значение. Основной акцент сделан на перспективных технологиях и методах, которые обещают значительные возможности для совершенствования процесса подготовки танцоров на льду. Освещены технологии визуализации движений танца с помощью технологии захвата движений, видеоанализа и системы высокоскоростной съёмки, технологии интеграции многопризнаковых данных, оптическое отслеживание и инерциальные измерительные устройства, глубокие модели отслеживания. Обсуждаются потенциальные преимущества и ограничения каждой технологии, их возможное влияние на тренировочный процесс и анализ исполнения движений и элементов в танцах на льду. Это исследование стремится предоставить анализ доступных технологий и методик, подчёркивая важность инноваций в данной области для повышения уровня технической подготовленности фигуристов и их результативности.

Ключевые слова: технологии отслеживания движений, анализ движений, танцы на льду, технология захвата движений, видеоанализ, высокоскоростная съёмка.

Для цитирования: Палеев П. М., Михайлова Э. И. Технологии отслеживания и анализа движений в танцах на льду: обзор современных методов // Культура физическая и здоровье. 2023. № 4. С. 259-264. DOI: 10.47438/1999-3455_2023_4_259.

Введение

Танцы на льду представляют собой особенный вид спорта, объединяющий техническое мастерство и художественную интерпретацию. Успех в этой дисциплине в значительной степени зависит от физической и технической подготовленности спортсменов, которая выража-

ется в точности и согласованности их движений. В последние десятилетия технологический прогресс значительно расширил возможности тренеров и спортсменов по анализу и улучшению техники исполнения движений и элементов. Современные технологии отслеживания и анализа движений предлагают инновационные

методы для изучения и оптимизации движений фигуристов на льду.

Разнообразие доступных технологий создает потенциал для глубокого и многоаспектного анализа исполнения, что в свою очередь способствует повышению эффективности тренировочного процесса и улучшению спортивных результатов. Отслеживание движений в реальном времени, видеоанализ, технологии захвата движений и другие подходы предоставляют тренерам и спортсменам ценные данные, которые могут быть использованы для анализа техники фигуристов и коррекции их тренировочного процесса.

Цель данного исследования — предоставить читателю подробное понимание современных технологий отслеживания и анализа движений в танцах на льду. Обзор охватывает широкий спектр технологий и методов, обсуждает их преимущества и ограничения, а также потенциальное применение для улучшения тренировочного процесса и анализа технического исполнения в танцах на льду. Особое внимание уделяется практической ценности каждой технологии и возможности её интеграции в тренировочный процесс танцоров на льду для повышения результативности спортсменов.

Результаты

Технологический прогресс открыл новые горизонты для анализа движений в фигурном катании, особенно в танцах на льду, где каждое движение имеет значение. Эффективные технологии отслеживания движений могут стать мощным инструментом для улучшения техники исполнения как у каждого спортсмена по отдельности, так и на уровне пары. В статье приведён обзор наиболее перспективных технологий отслеживания движений в контексте танцев на льду.

Технология захвата движения (MoCap) продемонстрировала свой потенциал в фигурном катании на льду благодаря улучшениям в современном аппаратном и программном обеспечении, как отмечается в исследовании "Application of Motion Capture Technology for Sport Performance Analysis" [1]. Она предлагает методы для отслеживания и визуализации движений танцоров, полезные для тренеров и исследователей. Основываясь на оптических сенсорах, MoCap записывает траекторию движений, преобразуя её в данные для анимационного ПО. Среди систем захвата движений оптические системы предпочтительны из-за их точности [18].

Применение MoCap в фигурном катании направлено на анализ выступлений для улучшения качества исполнения движений и элементов программ, как показали Nian Q. и Liu J. в исследовании "Motion Capture Based on Intelligent Sensor in Snow and Ice Sports" [14, 15]. Это помогает тренерам проводить объективный анализ движений, создавать индивидуализированные тренировочные программы, обеспечивая более подробную обратную связь спортсменам [15].

Визуализация движений с помощью MoCap создает виртуальные сцены для анализа и тренировок. Это облегчает обучение, позволяя фигуристам визуализировать свои движения в реальном времени или после выступления [18].

Преимущества MoCap включают детальный анализ движений и обратную связь в реальном времени для

улучшения тренировок и выступлений. Однако, высокая стоимость и сложность установки являются проблемами [15].

В будущем усовершенствования в MoCap обещают более интуитивные и интерактивные обучающие среды, с интеграцией ИИ и машинного обучения для автоматизации анализа и предоставления высокоинформативной обратной связи [15, 18]. Так, MoCap представляет собой надежный инструмент для анализа и визуализации движений в фигурном катании, несмотря на некоторые проблемы, связанные со стоимостью и установкой.

В дополнение к MoCap, технологии систем высокоскоростных камер и видеоанализа (HSCS & VA) предлагают более высокий уровень детализации при анализе движений спортсменов как отмечено в работе Busca B., Quintana M., и Padullis J.M. "High-speed cameras in sport and exercise: Practical applications in sports training and performance analysis" [4]. Применение технологий систем высокоскоростных камер и видеоанализа в танцах на льду дает возможность детального анализа сложных и быстрых движений с высокой частотой кадров, что важно для танцоров и тренеров. Этот анализ служит основой для улучшения техники элементов, предоставляя подробные данные по техническому исполнению и синхронизации партнёров, аналогично его применениям в других видах спорта [1, 3, 6, 9].

Преимущество данной технологии — возможность детального и количественного анализа движения, обеспечивая объективную оценку техники [4, 17]. Тем не менее, сложности включают точное определение положения тела и требование наличия нескольких камер с сложным ПО для 3D-анализа, что может быть проблематичным для установки и эксплуатации, как обсудили Colyer S. и соавторы в исследовании "A Review of the Evolution of Vision-Based Motion Analysis and the Integration of Advanced Computer Vision Methods Towards Developing a Markerless System" [5].

Стоимость систем и ПО может ограничивать их доступность. В будущем интеграция машинного обучения и методов компьютерного зрения с HSCS & VA, как в своём исследовании отмечают Colyer S. и соавторы, может расширить применение анализа движения в спортивной биомеханике и реабилитации, с возможным расширением на танцы на льду [5]. Развитие систем без маркеров упрощает установку оборудования, расширяя применение анализа движения в реальных условиях, что полезно для танцев на льду [5].

Итак, HSCS & VA обещают значительные возможности для улучшения техники танцоров на льду. Более передовые технологии могут дальше расширить возможности анализа движения, предлагая перспективы для данного и схожих исполнительских искусств.

В отличие от HSCS & VA, технология интеграции данных с множественными характеристиками (MDIT) направлена на слияние данных из различных источников для всестороннего анализа. По данным двух исследований Liu X. и Hu J., технология интеграции данных с множественными характеристиками направлена на анализ данных от различных датчиков для обработки данных [10, 11]. Хотя прямое применение MDIT в танцах на льду не освещено, опубликованное на Hindawi исследование показало её эффективность в распознавании движений танца [11].

MDIT применима в анализе движения человека, что важно в мониторинге здоровья, медицинском лечении и других областях анализа движения [12, 24]. Также, MDIT способствует отслеживанию позы и распознаванию движения, что актуально в компьютерном зрении [22].

Согласно исследованию Shi J., в контексте танцев выделены технологии видеоинтеграции с множественными характеристиками и многокомпонентный синтез для улучшения распознавания сложных движений [13, 21, 26].

Применение MDIT и связанных технологий в танцах на льду может обеспечить точный анализ движений танцоров для улучшения производительности и предотвращения травм, несмотря на потребность в продвинутых ресурсах и экспертизе [21].

В заключение, MDIT имеет потенциал для анализа движений и оценки производительности в танцах на льду, несмотря на отсутствие прямой информации о ее применении в этой области.

Следующим шагом после интеграции и анализа данных с помощью MDIT может стать применение оптического отслеживания и инерциальных измерительных устройств (IMU) для более динамичного и непосредственного анализа движений. Оптическое отслеживание и инерциальные измерительные устройства (IMU) являются ключевыми для анализа движений в спорте и потенциально применимы в танцах на льду. Оптическое отслеживание использует камеры для генерации 2D-координат, экстраполируемых в меры расстояния и скорости [23]. Например, система может применять инфракрасные камеры для отслеживания 3D-траекторий маркеров на участниках [20]. IMU, инкорпорируя акселерометры и гироскопы, измеряет ускорение тела, обходя проблемы окклюзии оптических систем и предлагая более широкое рабочее пространство [7].

Согласно исследованию, проведенному Khadan A. и соавторами, в хоккее использовались IMU для анализа паттернов катания игроков, что может быть адаптировано для танцев на льду в контексте отслеживания паттернов программ [8]. Оптические системы обладают высокой точностью, но ограничены полем зрения камеры, в то время как IMU портативны и менее навязчивы, но могут накапливать ошибки.

Интеграция обеих технологий может улучшить оценку подготовленности спортсменов, с созданием данных для анализа сложных движений, характерных для танцев на льду [19]. В будущем, валидация 3D-углов суставов с IMU и валидация измерений на льду может расширить возможности анализа движения, помогая в оценке производительности и снижении риска травм.

В то время как ранее рассмотренные технологии оптического отслеживания и IMU сосредотачиваются на анализе индивидуальных движений спортсменов, глубокие модели отслеживания (DTM) открывают новые горизонты, анализируя рисунки перемещения спортсменов по льду, что может дополнить и расширить данные, полученные от предыдущих технологий. Глубокие модели отслеживания являются инструментом в области компьютерного зрения для обнаружения и отслеживания объектов на видео, находя применение в спорте для анализа движения множества объектов [16, 27]. Адап-

тированные для танцев на льду, они могут анализировать сложные паттерны движения, отслеживая траектории танцоров и анализируя некоторые аспекты техники исполнения. Например, метод отслеживания позы в реальном времени на основе легкой сети предложен для улучшения качества танцевальной подготовки [25]. В фигурном катании глубокое обучение применялось для анализа движения прыжка [2]. Так, DTM могут стать перспективным инструментом для анализа движений в танцах на льду, помогая улучшить тренировки и оценить производительность исполнителей.

Выводы

В статье рассмотрены перспективные технологии и методы для анализа и совершенствования процесса подготовки и выступлений танцоров на льду. Основное внимание уделено применению высокоскоростных камер и видеоанализа, интеграции данных с множественными характеристиками, оптическому отслеживанию, инерциальным измерительным устройствам и глубоким моделям отслеживания.

Технология захвата движения (MoCap) обогатила анализ движений в фигурном катании на льду, предоставив возможности для точного отслеживания и визуализации движений танцоров, что, в свою очередь, помогает в улучшении техники исполнения элементов, помогая создавать индивидуализированные тренировочные программы.

Технологии систем высокоскоростных камер и видеоанализа (HSCS & VA) предлагают значительные возможности для детального и количественного анализа сложных движений в танцах на льду, обеспечивая тренерам и спортсменам объективные данные для улучшения технического исполнения и синхронизации, несмотря на некоторые ограничения по стоимости и сложности установки.

Технология интеграции данных с множественными характеристиками (MDIT) может обеспечить точный анализ движений фигуристов для совершенствования техники исполнения и предотвращения травм, несмотря на отсутствие прямой информации о ее применении в этой области и потребность в продвинутых ресурсах и экспертизе.

Интеграция оптического отслеживания и инерциальных измерительных устройств (IMU) может значительно обогатить оценку подготовленности танцоров на льду, предоставляя богатые данные для анализа сложных движений, что обещает перспективы для дальнейшего анализа движения в этой области.

Глубокие модели отслеживания (DTM), расширяя аналитический фокус за рамки индивидуальных движений, открывают новые горизонты в анализе паттернов перемещения спортсменов по льду, предлагая ценное дополнение к данным, полученным от технологий оптического отслеживания и IMU, и таким образом, расширяя потенциал анализа качества исполнения программ в фигурном катании.

Технологии и методы, описанные в статье, могут значительно способствовать улучшению понимания и анализа техники исполнения в танцах на льду, предложив пути для улучшения подготовленности спортсменов и повышения эффективности тренировочного процесса. Дальнейшие исследования в этой области могут расширить текущее понимание и возможности применения

предложенных технологий в контексте фигурного катания и танцев на льду.

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Библиографический список

1. Application of Motion Capture Technology for Sport Performance Analysis // ResearchGate. 2017. DOI: 10.47197/retos.v0i32.56072.
2. Bai, Xue. Tracking and Decomposition of Throwing and Jumping Movements in High Level Figure Skating Based on Deep Learning // Int. J. Inf. Commun. Technol. 2023. Vol. 22. N 3. P. 240–253. DOI: 10.1504/ijiet.2023.129935.
3. Barris, S., Button, C. A Review of Vision-Based Motion Analysis in Sport // Sports Med. 2008. Vol. 38. N 12. P. 1025–1043. DOI: 10.2165/00007256-200838120-00006.
4. Busca, B., Quintana, M., & Padullàs, J.M. High-speed cameras in sport and exercise: Practical applications in sports training and performance analysis // Aloma Revista de Psicologia Ciències de l'Educació i de l'Esport. 2016. Vol. 34. N 2. P. 13–23. DOI: 10.51698/aloma.2016.34.2.13-23.
5. Colyer, S. L., Evans, M., Cosker, D. P., & Salo, A. I. T. A Review of the Evolution of Vision-Based Motion Analysis and the Integration of Advanced Computer Vision Methods Towards Developing a Markerless System // Sports Medicine - Open. 2018. Vol. 4. Article number: 24. DOI: 10.1186/s40798-018-0139-y.
6. Colyer, S.L., Evans, M., Cosker, D.P., & Salo, A.I.T. A Review of the Evolution of Vision-Based Motion Analysis and the Integration of Advanced Computer Vision Methods Towards Developing a Markerless System // Sports Medicine - Open. 2018. Vol. 4. N 24. DOI: 10.1186/s40798-018-0139-y.
7. Filippeschi, A., Schmitz, N., Miezal, M., Bleser, G., Ruffaldi, E., Stricker, D. Survey of Motion Tracking Methods Based on Inertial Sensors: A Focus on Upper Limb Human Motion // Sensors (Basel). 2017. Vol. 17. N 6. P. 1257. DOI: 10.3390/s17061257.
8. Khandan, A., Fathian, R., Carey, J.P., & Rouhani, H. Measurement of temporal and spatial parameters of ice hockey skating using a wearable system // Scientific Reports. 2022. Vol. 12. Article number: 22280. DOI: 10.1038/s41598-022-26777-9.
9. Liu, J., Huang, G., Hyyppä, J., Li, J., Gong, X., & Jiang, X. A Survey on Location and Motion Tracking Technologies, Methodologies and Applications in Precision Sports // Expert Systems with Applications. 2023. DOI: 10.1016/j.eswa.2023.120492.
10. Liu, X., & Hu, J. Dance Movement Recognition Technology Based on Multifeature Information Fusion // Journal of Sensors. 2021. Vol. 2021. Article ID 7927415. DOI: 10.1155/2021/7927415.
11. Liu, X., & Hu, J. Dance Movement Recognition Technology Based on Multifeature Information Fusion // Journal of Sensors. 2021. Vol. 2021. Article ID 7927415. DOI: 10.1155/2021/7927415.
12. Lu, C. Multifeature Fusion Human Motion Behavior Recognition Algorithm Using Deep Reinforcement Learning // Mobile Information Systems. 2021. Vol. 2021. DOI: 10.1155/2021/2199930.
13. Luo, W., & Ning, B. High-Dynamic Dance Motion Recognition Method Based on Video Visual Analysis // Scientific Programming. 2022. Vol. 2022. Article ID 6724892. DOI: 10.1155/2022/6724892.
14. Nian, Q., & Liu, J. Motion Capture Based on Intelligent Sensor in Snow and Ice Sports // Wireless Communications and Mobile Computing. 2021. Vol. 2021. Article ID 7259991. DOI: 10.1155/2021/7259991.
15. Nian, Q., Liu, J. Motion Capture Based on Intelligent Sensor in Snow and Ice Sports // Wireless Communications and Mobile Computing. 2021. Vol. 2021. Article ID 7259991. DOI: 10.1155/2021/7259991.
16. Pal, S.K., Pramanik, A., Maiti, J. et al. Deep Learning in Multi-object Detection and Tracking: State of the Art // Appl Intell. 2021. Vol. 51. P. 6400–6429. DOI: 10.1007/s10489-021-02293-7.
17. Pueo, B. High Speed Cameras for Motion Analysis in Sports Science // Journal of Human Sport and Exercise. 2016. Vol. 11. N 1. DOI: 10.14198/jhse.2016.111.05.
18. Research on Dance Motion Capture Technology for Visualization Requirements // Scientific Programming. 2022. DOI: 10.1155/2022/2062791.
19. Rico, M., Botero-Valencia, J.S., Hernández García, R. Vertical Jump Data from Inertial and Optical Motion Tracking Systems // Data. 2022. Vol. 7. N 8. P. 116. DOI: 10.3390/data7080116
20. Santos, G., Wanderley, M., Tavares, T., Rocha, A. A multi-sensor human gait dataset captured through an optical system and inertial measurement units // Scientific Data. 2022. Vol. 9. Article number: 545. DOI: 10.1038/s41597-022-01638-2.
21. Shi, J. Dance Action Recognition Technology Based on Multi Feature Fusion in the Internet Era // Application of Intelligent Systems in Multi-modal Information Analytics / eds. Sugumaran, V., Xu, Z., Zhou, H. (MMIA 2021. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1385). Springer, Cham, 2021. DOI: 10.1093/ojls/gqu014
22. Si, L., & Liu, B. Multifeature Fusion Human Pose Tracking Algorithm Based on Motion Image Analysis // Wireless Communications and Mobile Computing. 2022. Vol. 2022. Article ID 8513093. P. DOI: 10.1155/2022/8513093.
23. Torres-Ronda L, Beanland E, Whitehead S, Sweeting A, Clubb J. Tracking Systems in Team Sports: A Narrative Review of Applications of the Data and Sport Specific Analysis // Sports Med Open. 2022. Vol. 8. N 1. P. 15. DOI:

10.1186/s40798-022-00408-z.

24. Wang, Y. et al. A Novel Deep Multifeature Extraction Framework Based on Attention Mechanism Using Wearable Sensor Data for Human Activity Recognition // *IEEE Sensors Journal*. 2023. Vol. 23. N 7. P. 7188–7198. DOI: 10.1109/JSEN.2023.3242603.

25. Wang, Z. Real-Time Dance Posture Tracking Method Based on Lightweight Network // *Wireless Communications and Mobile Computing*. 2022. Vol. 2022. Article ID 5001896. DOI: 10.1155/2022/5001896.

26. Zhai, X. Dance Movement Recognition Based on Feature Expression and Attribute Mining // *Complexity*. 2021. Vol. 2021. Article ID 9935900. P. 1-16. DOI: 10.1155/2021/9935900.

27. Zhang, X., Yang, F-Q. Machine Learning-Based Multitarget Tracking of Motion in Sports Video // *Complexity*. 2021. Vol. 2021. Article ID 5533884. DOI: 10.1155/2021/5533884.

References

1. Application of Motion Capture Technology for Sport Performance Analysis // *ResearchGate*. 2017. DOI: 10.47197/retos.v0i32.56072.

2. Bai, Xue. Tracking and Decomposition of Throwing and Jumping Movements in High Level Figure Skating Based on Deep Learning // *Int. J. Inf. Commun. Technol.* 2023. Vol. 22. N 3. P. 240–253. DOI: 10.1504/ijict.2023.129935.

3. Barris, S., Button, C. A Review of Vision-Based Motion Analysis in Sport // *Sports Med.* 2008. Vol. 38. N 12. P. 1025–1043. DOI: 10.2165/00007256-200838120-00006.

4. Busca, B., Quintana, M., & Padullàs, J.M. High-speed cameras in sport and exercise: Practical applications in sports training and performance analysis // *Aloma Revista de Psicologia Ciències de l'Educació i de l'Esport*. 2016. Vol. 34. N 2. P. 13–23. DOI: 10.51698/aloma.2016.34.2.13-23.

5. Colyer, S. L., Evans, M., Cosker, D. P., & Salo, A. I. T. A Review of the Evolution of Vision-Based Motion Analysis and the Integration of Advanced Computer Vision Methods Towards Developing a Markerless System // *Sports Medicine - Open*. 2018. Vol. 4. Article number: 24. DOI: 10.1186/s40798-018-0139-y.

6. Colyer, S.L., Evans, M., Cosker, D.P., & Salo, A.I.T. A Review of the Evolution of Vision-Based Motion Analysis and the Integration of Advanced Computer Vision Methods Towards Developing a Markerless System // *Sports Medicine - Open*. 2018. Vol. 4. N 24. DOI: 10.1186/s40798-018-0139-y.

7. Filippeschi, A., Schmitz, N., Miezal, M., Bleser, G., Ruffaldi, E., Stricker, D. Survey of Motion Tracking Methods Based on Inertial Sensors: A Focus on Upper Limb Human Motion // *Sensors (Basel)*. 2017. Vol. 17. N 6. P. 1257. DOI: 10.3390/s17061257.

8. Khandan, A., Fathian, R., Carey, J.P., & Rouhani, H. Measurement of temporal and spatial parameters of ice hockey skating using a wearable system // *Scientific Reports*. 2022. Vol. 12. Article number: 22280. DOI: 10.1038/s41598-022-26777-9.

9. Liu, J., Huang, G., Hyypriä, J., Li, J., Gong, X., & Jiang, X. A Survey on Location and Motion Tracking Technologies, Methodologies and Applications in Precision Sports // *Expert Systems with Applications*. 2023. DOI: 10.1016/j.eswa.2023.120492.

10. Liu, X., & Hu, J. Dance Movement Recognition Technology Based on Multifeature Information Fusion // *Journal of Sensors*. 2021. Vol. 2021. Article ID 7927415. DOI: 10.1155/2021/7927415.

11. Liu, X., & Hu, J. Dance Movement Recognition Technology Based on Multifeature Information Fusion // *Journal of Sensors*. 2021. Vol. 2021. Article ID 7927415. DOI: 10.1155/2021/7927415.

12. Lu, C. Multifeature Fusion Human Motion Behavior Recognition Algorithm Using Deep Reinforcement Learning // *Mobile Information Systems*. 2021. Vol. 2021. DOI: 10.1155/2021/2199930.

13. Luo, W., & Ning, B. High-Dynamic Dance Motion Recognition Method Based on Video Visual Analysis // *Scientific Programming*. 2022. Vol. 2022. Article ID 6724892. DOI: 10.1155/2022/6724892.

14. Nian, Q., & Liu, J. Motion Capture Based on Intelligent Sensor in Snow and Ice Sports // *Wireless Communications and Mobile Computing*. 2021. Vol. 2021. Article ID 7259991. DOI: 10.1155/2021/7259991.

15. Nian, Q., Liu, J. Motion Capture Based on Intelligent Sensor in Snow and Ice Sports // *Wireless Communications and Mobile Computing*. 2021. Vol. 2021. Article ID 7259991. DOI: 10.1155/2021/7259991.

16. Pal, S.K., Pramanik, A., Maiti, J. et al. Deep Learning in Multi-object Detection and Tracking: State of the Art // *Appl Intell*. 2021. Vol. 51. P. 6400–6429. DOI: 10.1007/s10489-021-02293-7.

17. Pueo, B. High Speed Cameras for Motion Analysis in Sports Science // *Journal of Human Sport and Exercise*. 2016. Vol. 11. N 1. DOI: 10.14198/jhse.2016.111.05.

18. Research on Dance Motion Capture Technology for Visualization Requirements // *Scientific Programming*. 2022. DOI: 10.1155/2022/2062791.

19. Rico, M., Botero-Valencia, J.S., Hernández García, R. Vertical Jump Data from Inertial and Optical Motion Tracking Systems // *Data*. 2022. Vol. 7. N 8. P. 116. DOI: 10.3390/data7080116

20. Santos, G., Wanderley, M., Tavares, T., Rocha, A. A multi-sensor human gait dataset captured through an optical system and inertial measurement units // *Scientific Data*. 2022. Vol. 9. Article number: 545. DOI: 10.1038/s41597-022-01638-2.

21. Shi, J. Dance Action Recognition Technology Based on Multi Feature Fusion in the Internet Era // *Application of Intelligent Systems in Multi-modal Information Analytics* / eds. Sugumaran, V., Xu, Z., Zhou, H. (MMIA 2021. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1385). Springer, Cham, 2021. DOI: 10.1093/ojls/gqu014

22. Si, L., & Liu, B. Multifeature Fusion Human Pose Tracking Algorithm Based on Motion Image Analysis // Wireless Communications and Mobile Computing. 2022. Vol. 2022. Article ID 8513093. P. DOI: 10.1155/2022/8513093.
23. Torres-Ronda L, Beanland E, Whitehead S, Sweeting A, Clubb J. Tracking Systems in Team Sports: A Narrative Review of Applications of the Data and Sport Specific Analysis // Sports Med Open. 2022. Vol. 8. N 1. P. 15. DOI: 10.1186/s40798-022-00408-z.
24. Wang, Y. et al. A Novel Deep Multifeature Extraction Framework Based on Attention Mechanism Using Wearable Sensor Data for Human Activity Recognition // IEEE Sensors Journal. 2023. Vol. 23. N 7. P. 7188–7198. DOI: 10.1109/JSEN.2023.3242603.
25. Wang, Z. Real-Time Dance Posture Tracking Method Based on Lightweight Network // Wireless Communications and Mobile Computing. 2022. Vol. 2022. Article ID 5001896. DOI: 10.1155/2022/5001896.
26. Zhai, X. Dance Movement Recognition Based on Feature Expression and Attribute Mining // Complexity. 2021. Vol. 2021. Article ID 9935900. P. 1-16. DOI: 10.1155/2021/9935900.
27. Zhang, X., Yang, F-Q. Machine Learning-Based Multitarget Tracking of Motion in Sports Video // Complexity. 2021. Vol. 2021. Article ID 5533884. DOI: 10.1155/2021/5533884.

Поступила в редакцию 06.11.2023

Подписана в печать 28.12.2023

Original article

UDC 796.912

DOI: 10.47438/1999-3455_2023_4_259

TECHNOLOGIES FOR TRACKING AND ANALYZING MOVEMENTS IN ICE DANCING: A REVIEW OF MODERN METHODS

Petr M. Paleev ¹, Elvira I. Mikhailova ²

Moscow City Pedagogical University ¹

Moscow, Russia

Moscow City Pedagogical University ²

Moscow, Russia

¹ Postgraduate student

ph.: +7(915)332-32-17, e-mail: peter.paleev@gmail.com

ORCID 0009-0004-5462-2670

² PhD of Pedagogy, Professor, Professor of the Department of Adaptology and Sports Training

ph.: +7(916)560-42-99, e-mail: mikhailovaei@mgpu.ru

ORCID 0000-0003-4052-3810

Abstract. Modern technology unveils new horizons for analyzing and enhancing performance technique in ice dancing. This review encompasses a broad range of technologies including Dance Motion Capture Technology for Visualization, Video Analysis and High-Speed Camera Systems, Multifeature Data Integration Technology, Optical Tracking and Inertial Measurement Units (IMUs), Deep Tracking Models, and Human Pose Estimation. The potential of each technology to improve the training process and technical performance analysis is highlighted, discussing the advantages and limitations of each within the context of ice dancing. Dance Motion Capture Technology provides a visual insight into the dancer's movement trajectory, transforming it into actionable data. Video Analysis, coupled with High-Speed Camera Systems, unveils the nuanced dynamics of movement, offering a real-time or post-performance analysis. Multifeature Data Integration Technology harnesses various sensor data for a holistic performance analysis. Optical Tracking and IMUs offer precise movement tracking, essential for the fast-paced, precise nature of ice dancing. Deep Tracking Models, primarily explored in ice hockey, hold promise for adapting to the challenging fast-paced and non-linear movements in ice dancing. Human Pose Estimation facilitates the extraction of key posture points, aiding in detailed movement analysis. This review aims to provide readers with a comprehensive overview of the available technologies and methodologies, emphasizing the significance of innovation in this field for enhancing athletic achievements and technical mastery in ice dancing.

Keywords: motion tracking technologies, movement analysis, ice dancing, motion capture technology, video analysis, high-speed camera systems.

Cite as: Paleev, P. M., Mikhailova, E. I. (2023) Technologies For Tracking And Analyzing Movements In Ice Dancing: A Review Of Modern Methods. Physical Culture and Health. (4), 259-264. (In Russ., abstract in Eng.). doi: 10.47438/1999-3455_2023_4_259.

Received 06.11.2023

Accepted 28.12.2023